

Ville Kohonen

# Sähköajoneuvojen korjausmääräykset ja lainsäädäntö Suomessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

12.5.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Ville Kohonen Sähköajoneuvojen korjausmääräykset ja lainsäädäntö Suomessa 22 sivua + 1 liite 12.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikan suuntautumisvaihtoehto
Ohjaaja(t)	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tämän insinöörityön tavoitteena on koota yhteen Suomessa voimassa oleva hybridi- ja sähköajoneuvoja koskeva lainsäädäntö sekä niitä koskevat standardit ja ohjeet. Tarkoituksena on esittää edellä mainitut asiat tiivistetyssä ja selkeässä muodossa.</p> <p>Tämä insinöörityö on tehty tilauksesta autosähkötekniikan lehtori Vesa Linja-aholle hybridi- ja sähköajoneuvojen rajoitetun sähköpätevyys 3 -oppimateriaalin luomistyön ohessa. Oppimateriaali ei ollut saavuttanut tämän insinöörityön tekemisen ajankohtana lopullista, julkaistua muotoa. Tämä insinöörityö on koulutusmateriaalista erillinen kokonaisuus, eikä tätä insinöörityötä ole suunniteltu koulutusmateriaalin jatkeeksi osittain yhtenevästä sisällöstä huolimatta.</p> <p>Insinöörityö on sisällöltään jakautunut lainsäädäntöosioon, SFS-standardeihin ja Tukes-ohjeeseen sekä UNECE R100:n vaatimuksien esittelyyn. Lisäksi insinöörityö sisältää lyhyen katsauksen sähkö- ja hybridi-ajoneuvoja koskevan lainsäädännön nykytilaan. Lopuksi liitteessä esitetään tiivistettynä tarvittava osaaminen hybridi- ja sähköajoneuvotekniikassa.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä kerrotaan, mitä sähköturvallisuusviranomaisia Suomessa toimii, mitä määräyksiä sähköajoneuvojen korjaamiseen liittyy ja miten sähköajoneuvojen korjausta hallinnoidaan Suomessa. Tähän opinnäytetyöhön on koottu yhteenveto ja tilannekatsaus sähkö- ja hybridi-autoalan säännöksistä ja määräyksistä sellaisina, kun ne olivat vuonna 2015.</p>	
Avainsanat	sähkö- ja hybridi-ajoneuvo, sähköturvallisuus, korkeajännite

Author(s) Title	Ville Kohonen The regulation and legislation of electric car repair in Finland
Number of Pages Date	22 pages + 1 appendix 12 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to collect the valid legislation of hybrid and electric cars and their related standards and guides in Finland, and to present them in a compressed and a clear form.</p> <p>This thesis was assigned by Vesa Linja-aho, Senior Lecturer at Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, and it was made alongside with the creation of electric car 3 qualification educational material. The educational material had not been published when this thesis was under construction. This thesis is a separate entirety from the educational material, and it has not been designed as an addition to the educational material despite their partly same content.</p> <p>The content of the thesis is divided into legislation part, SFS-standards &amp; Tukes-instruction and to the presentation of the demands of UNECE R100. In addition, the thesis includes a short overview of the recent state of the legislation of electric and hybrid vehicles. Finally, the qualifications needed with hybrid and electric vehicles are presented in a compressed form in the appendix.</p> <p>This thesis explains which electric safety officials act in Finland, which regulations are related to the repairing of electric vehicles and how the repairing of electric vehicles is supervised in Finland. This thesis includes a summary and a snapshot of the regulations and specifications that were valid in 2015.</p>	
Keywords	hybrid- and electric vehicle, electric safety, high voltage

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköturvallisuusviranomaiset ja -lainsäätäjät Suomessa	2
3	Hybridi- ja sähköajoneuvoja koskeva sähköturvallisuuslainsäädäntö Suomessa	
3.1	Sähköturvallisuuslaki (410/1996)	3
3.2	Sähköturvallisuusasetus (498/1996)	5
3.3	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (516/1996) ja asetus (351/2010)	6
4	Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen korjauksessa sovellettavat SFS-standardit	9
5	Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen korjauksessa sovellettava Tukes-ohje S7-2012	14
6	UNECE R100:n vaatimukset ajoneuvojen sähköisten voimajärjestelmien erityisvaatimusten osalta	16
7	Lopuksi	

Lähteet	22
---------	----

### Liitteet

Liite 1: Tarvittava osaaminen hybridi- ja sähköautotekniikassa

## Lyhenteet ja määritelmät

SELV	Pienoisjännite, jonka jännite on alle 120 voltia DC tai 50 voltia AC. Tällöin vikatilanteessa ihmisen läpi kulkeva virta on niin pieni, ettei siitä aiheudu vaaraa. SELV-piiri on maasta erotettu. SELV tulee sanoista safety extra low voltage.
PELV	Pienoisjännite, jonka jännite on alle 120 voltia DC tai 50 voltia AC. Tällöin vikatilanteessa ihmisen läpi kulkeva virta on niin pieni, ettei siitä aiheudu vaaraa. PELV-piiri voi olla myös maadoitettu. PELV tulee sanoista protective extra low voltage.
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
IPXXD	Suojausluokka, joka kuvaa suojaustasoa kosketukselta jännitteisiin osiin. Tämän suojausluokan testauksessa käytetään erityistä testipuikkoa. Suojausluokka kuvataan tarkemmin UNECE R100 -säännössä.
IPXXB	Suojausluokka, joka kuvaa suojaustasoa kosketukselta jännitteisiin osiin. Tässä suojausluokassa testivälineenä käytetään erityistä testisormea. Testisormen ominaisuudet määritellään tarkemmin UNECE R100 -säännössä.
Hybridiajoneuvo	Ajoneuvo, joka käyttää liikkumiseensa niin sähköistä voimallähdettä kuin polttomoottoria.
Sähköajoneuvo	Ajoneuvo, joka kulkee vain sähköllä tuotetulla energialla.

## 1 Johdanto

Viime vuosina ovat sähkö- ja hybridiajoneuvot hiljalleen nousseet kohti uutta kukoistusta vuosisataisen alennustilan jälkeen. Tämä asettaa uusia haasteita ajoneuvojen korjaamiseen ja myös lainsäädäntöön. Ottaen huomioon sen tosiseikan, että uusissa hybridi- ja sähköajoneuvoissa käytetään satojen volttien jännitteellä olevia korkeajänniteakustoja, on ilmeistä, että näiden akkujen ja muun korkeajännitteisen sähköjärjestelmän kanssa työskentelyyn tarvitaan tarkkoja sähkötyöturvallisuusohjeita.

Lainsäädännön ja täten lainsäätäjien ongelmana on pysyä tässä kehityksessä mukana. Sähkötyöturvallisuuslainsäädännön ja -määräysten tulee vastata nykypäivän vaatimuksia jo sähkö- ja hybridiajoneuvojen parissa työskentelevien henkilöiden turvallisuutta ajatellen. Riittämättömät ja vanhentuneet säädökset ja määräykset voivat johtaa ja johtavatkin tapaturmiin.

Suomessa ei ole suomen kielellä suuressa määrin oppaita hybridi- ja sähköautojen korjaamiseen, ja vasta viime aikoina on autoalalle saatu oma sähköturvallisuustutkinto (joka vaaditaan hybridi- ja sähköajoneuvojen rajoitetun sähköpätevyys 3:n saamiseksi). Tätä sähköturvallisuustutkintoa järjestää AKL-Sertifiointi Oy. Kuitenkin tutkinnossa sovelletaan suurelta osin edelleen vanhoja kiinteistösähkömääräyksiä, jotka eivät ole täysin sovellettavissa sähköautoihin. Tällä hetkellä koko sähkö- ja hybridiautokorjaamotoiminta on vasta muotoutumassa, ja todennäköisesti säädökset ja määräykset kyseisten ajoneuvojen korjauksesta tulevat muuttumaan ja päivittymään useaan otteeseen ajoneuvokannan suurentuessa ja teknisten ratkaisujen vakiintuessa.

Tämä insinöörityö on tehty lehtori Vesa Linja-ahon tilauksesta hybridi- ja sähköajoneuvojen rajoitettua sähköpätevyys 3:a varten laaditun koulutusmateriaalin ohessa (joka ei ollut valmis tämän insinöörityön valmistuessa). Tämä insinöörityö on kuitenkin osittain yhtenevästä sisällöstä huolimatta suunniteltu erilliseksi työkseen, eikä koulutusmateriaalia ole käytetty tämän työn lähteenä.

## 2 Sähköturvallisuusviranomaiset ja -lainsäätäjät Suomessa

Sähköturvallisuuslainsäädännöstä Suomessa vastaa työ- ja elinkeinoministeriö, joka päätöksissään joutuu luonnollisesti ottamaan huomioon Euroopan unionin alueella vallitsevat direktiivit ja säännökset. Näistä mainittakoon nimeltä UNECE R100 (Yhdistyneiden kansakuntien sääntö numero 100), joka määrittelee sähköajoneuvojen vaatimuksia rakenteen ja toimintaturvallisuuden osalta. Erikseen mainittava työ- ja elinkeinoministeriön (entinen kauppaja teollisuusministeriö) sähköalaan liittyvä päätös on KTM 516/1996, joka on silloisen kauppaja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä.

Suomessa ylin sähköturvallisuusviranomainen on Tukes (turvallisuus ja kemikaalivirasto). Tukes julkaisee esimerkiksi ohjeistuksia, joilla pyritään edistämään sähkötyöturvallisuutta. Tukes tekee pistokokeita erilaisiin sähkölaitteisiin, joilla testataan laitteiden sähköturvallisuutta. Sähköturvallisuudelle vaaralliset laitteet voidaan poistaa myynnistä.

Tukesin nimeämänä toimii SETI Oy, mikä on sähköturvallisuuslakien mukaisten sähköpätevyystodistusten arvioija. SETI myöntää esimerkiksi sähköpätevyydet, joilla saa luvan tehdä itsenäisesti sähkötöitä (joiden laajuus riippuu myönnettävästä sähköpätevyydestä).

Sähköturvallisuusstandardit julkaisee maassamme Suomen Standardisoimisliitto SFS, joka vahvistaa esimerkiksi maailmanlaajuiset sähköturvallisuusstandardit maassamme voimassa oleviksi. Esimerkki tällaisesta standardista on SFS 6002, joka on maassamme voimassa oleva sähkötyöturvallisuusstandardi.

Toinen sähköteknillisten standardien parissa työskentelevä toimija Suomessa on SESKO ry (Suomen sähköteknillinen standardisoimisyhdistys). SESKO tekee yhteistyötä kansainvälisten sähköalan standardiorganisaatioiden kanssa ja työn tulokset päätyvät SFS-standardeiksi. SESKO on Suomen standardisoimisliitto SFS ry:n jäsen. [1]

Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy myöntää sähköpätevyydet, joista kolme tärkeintä ovat Sähköpätevyys 1, Sähköpätevyys 2 ja Sähköpätevyys 3. Sähkö- ja hybridiajoneuvoja varten on hiljattain julkistettu uusi sähköpätevyys, joka on Sähköautopätevyys 3. Sähköautopätevyys 3 pätevoittää työskentelyyn sähkö- ja hybridiajoneuvokorjaamon töiden johtajana. SETI myöntää myös hissityöskentelyä varten hissipätevyydet 1 ja 2. [2]

### **3 Hybridi- ja sähköajoneuvoja koskeva sähköturvallisuuslainsäädäntö Suomessa**

Suomessa hybridi- ja sähköajoneuvoihin sovelletaan sähköturvallisuuslakia (410/1996), sähköturvallisuusasetusta (498/1996) ja kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä sähköalan töistä (516/1996), jota on myöhemmin päivitetty mm. työ- ja elinkeinoministeriön asetuksella sähköalan töistä annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen muuttamisesta (351/2010) [3, s. 95].

#### **3.1 Sähköturvallisuuslaki (410/1996)**

Sähköturvallisuuslain tarkoituksena on pitää sähkölaitteet turvallisena sekä niiden käyttö turvallisena. Myös sähkömagneettisten häiriöiden haitat pyritään tällä lailla minimoimaan. Lisäksi sähkövirrasta tai magneettikentästä vahinkoja kärsineiden ihmisten asema pyritään turvaamaan.

Nämä kaikki tavoitteet sähköturvallisuuslaki pyrkii saamaan aikaan laissa säädetyillä sähkölaitteille ja -laitteistoille annetuilla vaatimuksilla, vaatimuksenmukaisuuden osoittamisilla ja niiden valvonnalla. Lisäksi sähköalan töistä, niiden valvonnasta sekä erilaisista vahingonkorvausvelvollisuuksista annetaan määräyksiä. [4, § 1.]

Sähköturvallisuuslaissa sähkölaitteella tarkoitetaan sähkön siirtoon, jakeluun tai käyttöön tarkoitettua laitetta, jolle asetetaan tiettyjä sähkötekniisiä ominaisuuksia. Sähkölaitteistolla tarkoitetaan sähkölaitteista koostuvaa kokonaisuutta, mihin voi kuulua myös muita laitteistoja, tarvikkeita tai rakenteita. Televerkolla ja telepäätelaitteella tarkoitetaan ”sähkölaitetta tai -laitteistoa, joka kuuluu teletoimintalain soveltamisalaan”, ja radiolaitte kuuluu radiolain soveltamisalaan. Sähköturvallisuusviranomaisella tarkoitetaan turvatekniikan keskusta eli nykyisin Tukesia. [4, § 4.]

Sähköturvallisuuslain mukaan sähkölaitteet ja -laitteistot eivät saa aiheuttaa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Tämä koskee luonnollisesti myös tällaisten laitteiden suunnittelua, valmistusta, rakennusta ja korjaamista. Sähkölaitteista ei saa myöskään koitua sähköistä tai sähkömagneettista kohtuutonta häiriötä, eikä niiden toiminta saa häiriintyä helposti sähkömagneettisesti tai sähköisesti. [4, § 5.]



Sähkölaitteiden ja -laitteistojen huolto- tai korjaustöitä sekä lisäksi sähkölaitteistojen rakennus- ja käyttötöitä saa tehdä vain tehtävään soveltuva ammattitaitoinen luonnollinen henkilö. Tämä toteutuu seuraavilla edellytyksillä:

- Töitä johtamaan nimetään töiden johtaja, jolla on riittävä kelpoisuus. Riittävä kelpoisuus todistetaan joko sähköpätevyydellä 1,2 tai 3 riippuen tehtävien alasta.
- Itsenäisesti töitä tekevällä tai valvovalla henkilöllä on oltava riittävä kelpoisuus tai riittävä ammattitaito.
- Töiden tekemiseen on tarpeelliset tilat ja työvälineet ja sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset.

Töiden johtajaa ei vaadita töissä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa. Tästä johtuen myös maallikko saa tehdä pieniä sähkötöitä kotonaan, esimerkkinä näistä sulakkeen vaihto ja yksivaiheisen jatkojohdon korjaus ja teko. [4, § 8; 5, s. 43 - 44.]

Töiden johtajan on oltava tosiasiallinen mahdollisuus huolehtia tehtävästään. Töiden johtajan tulee myös olla toiminnan harjoittaja tai toiminnan harjoittajan palveluksessa. Luonnollisen henkilön kelpoisuus töiden johtajaksi voidaan myöntää myös sille, jolla on ulkomainen pätevyytodistus. [4, § 9 - 11.]

Sähkölaitteita Suomessa myyvä tai sähkölaitteita luovuttava henkilö vastaa siitä, että kyseiset laitteet eivät aiheuta vaaraa tai liiallisia häiriöitä. Tarvittaessa ministeriö voi määrätä tietyt sähkölaitteet käyttö- ja myyntikieltoon. [4, § 13 -14.]

Hisseissä oleskelleet ihmiset ovat saattaneet huomata, että hisseissä on merkitty, milloin hissi on viimeksi tarkastettu. Tällä tarkastuksella on lakisääntöiset perusteet. Sähköturvallisuuslain mukaan ministeriö voi määrätä, että tietyt sähkölaitteistot on määräajoin tarkastettava ja että laitteistoja varten on laadittava kunnossapito- ja huolto-ohjelmat. [4, § 20 - 21.]

Sähköturvallisuuslaki määrää tiivistettynä sen, ettei sähkölaitteista saa aiheutua vaaraa ihmisille. Tämä koskee luonnollisesti myös hybridi- ja sähköajoneuvojen sähkölaitteistoja. Tällaisten ajoneuvojen valmistajien on pidettävä huolta siitä, että ne ovat sähköturvallisia käyttäjälleen. Muussa tapauksessa ajoneuvon myynti Suomessa voidaan kieltää.

### 3.2 Sähköturvallisuusasetus (498/1996)

Sähköturvallisuuslakia (410/1996) täydentää sähköturvallisuusasetus (498/1996). Sähköturvallisuusasetuksessa käsitellään ehtoja, jotka koskevat sähköturvallisuuden tarkastuslaitosta sekä valtuutetun tarkastajan ja sähköurakoitsijan varmennusoikeutta koskevaa hakemusta.

Valtuutetun tarkastajan ja sähköurakoitsijan varmennusoikeutta koskeva hakemus lähetetään sähköturvallisuusviranomaiselle. Hakemukseen tulee liittää sähköturvallisuuslaissa säädettyjen vaatimusten arviointia varten tarvittavat asiakirjat. Lisäksi laitosten tulee liittää hakemukseen mittatekniikan keskuksen (tai sitä vastaavan) todistus tai jokin muu todistus, jonka ministeriö ja sähköturvallisuusviranomainen harkitsevat riittäväksi. [6, § 5.]

Vaatimusten täytyttyä ministeriö nimeää laitoksen ”sähköturvallisuuslaissa tarkoitetuksi tarkastuslaitokseksi”. Laitoksen nimeäminen voidaan myöntää myös määräajaksi. Valtuutetun tarkastajan nimeäminen ja sähköurakoitsijan varmenne-oikeuden voimassaolo-aika on enintään viisi vuotta. [6, § 6.]

Sähköturvallisuuden neuvottelukunta on ministeriön ja sähköturvallisuusviranomaisen apuna. Neuvottelukunnalle on asetettu asetuksessa kymmenen tehtävää, joita mm. ”edistää viranomaisten ja sähköalan välistä yhteistyötä” ja ”toimia asiantuntijana sähköturvallisuutta koskevissa asioissa”. Neuvottelukunnassa tulee olla edustettuina mm. työnantajat ja työntekijät sekä sähköturvallisuudelle keskeiset hallinnonalat. [6, § 9 - 10.]

Sähköturvallisuusasetuksessa käsitellään myös onnettomuuksien vakavuutta. Sähköturvallisuusasetuksen mukaan onnettomuus on vakava, jos seurauksena on kuolema tai vakava henkilövahinko. Lisäksi onnettomuus on vakava, jos seurauksena on huomattava vahinkoa ympäristölle tai omaisuudelle tai on sattunut ilmeinen vaara edellä mainituille asioille. [6, § 20.]

### 3.3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (516/1996) ja asetus (351/2010)

KTM:n (516/1996) päätös sähköalan töistä määrittelee sähkötyön sellaiseksi työksi, jolla tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- tai huoltotöitä. Lisäksi sähkötyöksi määritellään sähkölaitteiston rakennus- korjaus- ja huoltotyöt. Sähkölaitteen ja -laitteiston purkutyö ei ole sähkötyötä, mikäli laite tai laitteisto on tehty jännitteettömäksi. Käyttö sen sijaan tarkoittaa sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä. [7, § 1.]

KTM (516/1996) määrää, että sähkötöitä varten on nimettävä sähkötöiden johtaja tietyin poikkeuksin, joita käsitellään päätöksen neljännessä luvussa. Sähkölaitteiston käyttötöitä varten tarvitaan käytön johtaja, mikäli sähkölaitteistoon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia (poikkeuksena enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötetyt yli 1000 voltin sähkölaitteet) tai jos sähkölaitteen liittymisteho on yli 1600 kilovolttiampeeria. [7, § 2.]

Käytön johtajaa määritellään lisäksi muun muussa siten, että hänen täytyy olla sähkölaitteiston haltija tai tämän palveluksessa. Käytön johtaja voi myös olla yhteisön palveluksessa, jolla on sähkölaitteiston haltijan kanssa sähkölaitteistoa koskeva kunnossapitosopimus. [7, § 3.]

Sähkötöiden johtajalla on oltava riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa sähkötöitä. Sähkötöiden johtajan vastuulla on, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia (410/1996) ja että sähkölaitteet ja -laitteistot ovat sähköturvallisuuslain edellyttämässä kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista. Lisäksi sähkötöitä tekevien on oltava perehtyneitä ja ammattitaitoisia tehtäviinsä.

Käytön johtajan vastuulla on se, että sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia ja käyttötöitä tekevät henkilöt ovat perehtyneitä ja ammattitaitoisia. Työ- ja elinkeinoministeriön asetus (351/2010) [5 §] lisää vielä, että ”Sähkötöiden johtajan ja käytön johtajan on tunnettava kulloinkin voimassa olevat sähköturvallisuutta koskevat vaatimukset ja muutoinkin jatkuvasti ylläpidettävä ammattitaitoaan.” [7, § 4 - 5; 8, § 5.]

Kun esimerkiksi sähkölaitekorjaamon toiminta aloitetaan, on sähkötöiden johtaja nimettävä ennen toiminnan aloittamista. Sähkölaitteiston haltijan on vastaavasti kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston käyttöönotosta nimettävä käytön johtaja. Mikäli edellä mainitut johtajat ovat estyneitä hoitamasta tehtäviään pitkäaikaisesti tai vaihtuvat toisiin, on uusi sähkötöiden ja/tai käytön johtaja nimettävä kolmen kuukauden kuluessa. [7, § 7.]

KTM:n (516/1996) päätös sähköalan töistä sisältää pätevyysvaatimuksia sähkötöitä tekeville. Perusvaatimuksena on se, että sähköalan töitä tekevä on oltava tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimukseen perehtynyt tai opastettu.

Vain vähäistä vaaraa tai häiriötä aiheuttavia sähköalan töitä saa tehdä myös maallikko, eli henkilö, kellä ei ole sähköalan koulutusta tai työkokemusta. Tällaisia töitä on päätöksen mukaan seuraavat työt:

- enintään 250 voltin nimellisjännitteisten asennusrasioiden peitekansien irrotus ja kiinnitys sekä yksivaiheisten pistotulppien, liitosjohtojen, jatkojohtojen ja sisustusvalaisimien asennus- korjaus- ja huoltotyöt
- enintään 50 voltin vaihtojännitteisiin tai 120 voltin tasajännitteisiin laitteistoihin kohdistuvat sähkötyöt.
- käyttötyöt sähkölaitteistossa, jonka jännitteiset osat ovat suojattu tahattomalta kosketukselta.
- omaan käyttöön rakennettujen sähkölaitteiden korjaaminen, jos se liittyy sähköalan harrastustoimintaan.

Näistä maallikolle sallituista töistä on selkeä lista Tukesin Kodin sähköturvallisuusoppaassa. [7, § 9 - 10.]

KTM:n päätös sähköalan töistä 11–14 §:ää on päivitetty (asetuksella 351/2010). Pykälät 11–14 käsittelevät henkilöitä, jotka ovat riittävän ammattitaitoisia valvomaan ja tekemään itsenäisesti sähkötöitä sekä sähköpätevyyskiä. Riittävän ammattitaitoinen on sellainen henkilö, joka on töihin opastettu. Lisäksi hänellä pitää olla jotakin seuraavista:

- soveltuva tekniikan alan korkeakoulututkinto ja kuuden kuukauden työkokemus sähkötöissä
- soveltuva sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinto ja lisäksi kuuden kuukauden työkokemus sähkötöissä
- soveltuva ammatillinen tutkinto/vastaava koulutus ja vuoden työkokemus sähkötöissä
- soveltuva ammattitutkinto tai erikoisammattitutkinto (tai muu vastaava koulutus) ja kuuden kuukauden työkokemus sähkötöissä
- kuuden vuoden työkokemus sähkötöissä ja riittävät alan perustiedot

Soveltuvuuksista on vielä muita lisäyksiä, jotka löytyvät päätöksen (351/2010) 11 §:stä. [8, § 11.]

Sähköpätevyyksiä on kolme: Sähköpätevyys 1, 2 ja 3. Sähköpätevyys 1:n saa, jos on suorittanut sähköturvallisuustutkinnon ja henkilöllä on riittävä pätevyys. Esimerkkinä tästä ovat sähkövoima-alan diplomi-insinöörin tai insinöörin tutkinto ja työkokemus yli 1000 voltin vaihtojännitteisiä tai yli 1500 voltin tasajännitteisiä sähkölaitteistoja koskevissa tehtävissä.

Sähköpätevyys 2 on rajoitettu sisällöltään Sähköpätevyys 1:een verrattuna. Sähköpätevyys 2 oikeuttaa toimimaan enintään 1000 voltin vaihtojännitteisten ja 1500 voltin tasajännitteisten sähkölaitteiden sähkötöiden ja käytön johtajana (käytön johtajuudesta on rajoituksia). Sähköpätevyys 2:een vaaditaan hyväksytty sähköturvallisuustutkinto sekä jompikumpi seuraavista:

- tekniikan alan (soveltuva) korkeakoulututkinto, sähkövoima-alan insinöörin tai sähkövoima-alan teknikon tutkinto. Lisäksi vaaditaan vähintään kahden vuoden työkokemus.
- ammatillinen (soveltuva) perustutkinto, ammattitutkinto, erikoisammattitutkinto tai vastaava sekä vähintään tutkinnon jälkeen kolme vuotta työkokemusta

Sähköpätevyys 3 rajoittuu sähkötöiden johtamiseen enintään 1000 voltin vaihtojännitteisen tai enintään 1500 voltin tasajännitteisen verkkoon liitettävän laitteen korjaustöissä. Sähköpätevyys 3:een vaaditaan hyväksytty soveltuva sähköturvallisuustutkinto sekä riittävä ammattitaito, josta on säädöksiä 11 §:ssä. Pätevyystodistusta on haettava viiden vuoden kuluessa siitä, kun turvallisuustutkinto on hyväksytty. [8, § 12 - 14, 22.]

Esimerkiksi sähköautojen akustoja vaihtava yritys on ennen toiminnan aloittamista tehtävä ilmoitus toiminnastaan sähköturvallisuusviranomaiselle. Ilmoituksessa on oltava muun muassa toiminnanharjoittajan, toimipaikkojen ja sähkötöiden johtajan tiedot. Sähkötöiden johtajan suostumus on myös oltava ilmoituksessa. [7, § 26.]

#### **4 Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjauksessa sovellettavat SFS-standardit**

Sähkö- ja hybridiajoneuvoihin sovelletaan Suomessa SFS:n standardeja SFS 6000-7-706, SFS 6002 (sähkötyöturvallisuuden osalta) ja SFS-EN 62485-3. SFS 62485-3 on päivitetty versio standardista 50272-3 (50272-3 on kumottu joulukuussa 2014) muun muassa korkeajänniteakun tuuletuksen laskennan osalta. Kuitenkin 50272-3 pätee sisältönsä oleellisilta osin edelleen, eikä SFS 62485-3 standardia ole vielä saatavilla ainakaan suomenkielisenä versiona. Tästä syystä tässä opinnäytetyössä käytetään tietolähteenä 50272-3 standardia. SFS 6002 -standardia siteerataan siltä osin, mitä siitä on selitettynä Vesa Linja-ahon kirjassa, joka on tämän opinnäytetyön lähde numero 3.

##### **4.1 SFS 6000-7-706**

SFS 6000-7-706 -standardi käsittelee suojautumista ahtaissa johtavissa tiloissa. Standardin ensimmäinen luku käsittelee suojautumista sähköiskulta ahtaissa johtavissa tiloissa.

Kädessä pidettäviä työkaluja ja siirrettäviä mittalaitteita saa syöttää vain SELV-piirillä tai sähköistä erotusta käyttäen, jos suojaerotusmuuntajan toisiokäämiin kytketään vain yksi laite. Käsivalaisimen syöttämiseen saa käyttää vain SELV-piiriä.

Kiinteästi asennettuja laitteita syötettäessä on käytettävä suojausmenetelmänä muun muassa syötön automaattista poiskytkentää, SELV-piiriä tai PELV-piiriä, ”jossa on tehty

potentiaalintasaus kaikkien ahtaan johtavan tilan sisällä olevien sähkölaitteiden jännitteelle alttiiden osien, muiden osien ja PELV-järjestelmän maadoitusliitännän välillä”. [9, s. 3.]

SELV ja PELV -pienoisjännitteistä standardi mainitsee muun muussa, että SELV- ja PELV-järjestelmien jännitelähteet on sijoitettava johtavan tilan ulkopuolella tietyin poikkeuksin. [9, s. 4.]

#### 4.2 SFS 6002

Suomessa voimassa oleva sähkötyöturvallisuusstandardi on SFS 6002. SFS 6002 ei ole varsinaisesti ajoneuvon sähkölaitteita varten tehty standardi, mutta sitä sovelletaan Tukin päätöksellä paremman standardin puutteessa. SFS 6002 käsittelee tiivistetysti sähkötöitä tekevien henkilöiden pätevyksiä, sähkötyöturvallisuuskoulutusta, ensiapuvalmiusvaatimuksia ja työskentelyohjeita jännitteisiin ja jännitteettömiin sähkökohteisiin.

SFS 6002 -standardissa sähkötöitä tekevät jaetaan neljään ryhmään: ammattihenkilöihin, opastettuihin henkilöihin s (sähköala), opastettuihin henkilöihin m (maallikko) ja maallikkoihin. Ainoastaan ammattihenkilöllä on riittävästi koulutusta ja työkokemusta tehdäkseen töitä itsenäisesti.

SFS 6002 -standardissa kaikille sähköalan töitä tekeville henkilöille on annettava yleinen sähkötyöturvallisuuskoulutus. Koulutuksessa on käsiteltävä sähkön aiheuttamat vaarat ja sähköstä johtuvat tapaturmat sekä sähkötyöturvallisuutta koskevat keskeiset säädökset. Lisäksi sähkötyöturvallisuusstandardin sisältö tulee läpikäydä. Yleinen sähköturvallisuuskoulutus on voimassa viisi vuotta, minkä jälkeen koulutus tulee uusia. [3, s. 62 - 63.]

Ensiapuvalmiusvaatimus sisältyy SFS 6002 -standardiin. Kaikille sähkötöihin osallistuville sekä näissä töissä avustaville henkilöille tulee järjestää ensiapukoulutus, jollaiseksi hyväksytään esimerkiksi Suomen Punaisen Ristin hätäensiapukurssi (erityisesti sähkötapaturmien ensiapu). Elvytystoimenpiteitä tulisi harjoitella vähintään kerran kolmessa vuodessa.

Ensiapuhjetauluja tulisi sijoittaa sähkölaittekorjaamoihin ja sähkölaitelaboratorioihin. Tämä koskee myös autokorjaamoita, joissa korjataan sähköajoneuvoja.

Jokaiseen työkohteeseen on nimettävä työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja. Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan on oltava sellainen henkilö, joka kykenee tekemään itsenäisesti oman alansa sähkötöitä. Muodollisen ammattitaidon lisäksi hänellä on oltava tietoa ja kokemusta käytettävistä asennusmenetelmistä, -tarvikkeista sekä työvälineistä. Sähkötyöturvallisuutta valvovan henkilön on aina oltava työkohteessa. [3, s. 64 - 65.]

Sähkötyöturvallisuusstandardin mukaan jännitteettömäksi tekeminen tapahtuu seuraavasti:

1. täydellinen erottaminen
2. jännitteen kytkemisen estäminen
3. laitteiston jännitteettömyyden toteaminen.

SFS 6002 -standardin mukaan jännitetyön teoriakoulutuksen tulisi käsittää standardin peruseriaatteet ja yksityiskohtaiset työohjeet. Jännitetyökoulutuksessa on oltava myös käytännön harjoittelu niissä työtehtävissä, joita koulutettava tulee tekemään.

Koulutuksesta on annettava todistus, jossa on jännitetöiden tyyppi, johon on annettu pätevyys. Annettavan todistuksen on sisällettävä muun muassa jännitetaso, jolla jännitekoulutus on annettu ja työmenetelmät, joita koulutuksessa on käsitelty. [3, s. 66 - 69.]

#### 4.3 SFS-EN 50272-3

SFS-EN 50272-3 on alun perin eurooppalainen standardi, joka koskee akkujen ja niiden asennusten turvallisuusvaatimuksia ajovoima-akkujen sähköturvallisuuden osalta. Nimellisjännitteet ovat enintään 1000 V AC ja 1500 V DC. Standardi käsittelee akuista lyijyakkuja, nikkeli-kadmiumakkuja ja muita alkaliakkuja. [10, s. 6.]

Standardin mukaan ajovoima-akut ja akkujen varaamiseen käytettävät asennukset on varustettava kosketussuojauksella ja/tai kosketusjännitesuojauksella. Kosketussuojaus ja kosketusjännitesuojaus saadaan samanaikaisesti aikaan käyttämällä SELV-suojajännitettä tai PELV-suojajännitettä, kun koko asennus täyttää niitä koskevat vaatimukset.



Kosketussuojausmenetelminä käytetään jännitteisten osien eristämistä, suojusten tai kotelointien käyttöä tai suojausta esteiden avulla. [10, s. 10.] Kosketusjännitesuojausmenetelminä käytetään virransyötön automaattista poiskytkentää, suojaeristysten käyttöä, paikallista maasta erotettua potentiaalintasausta sekä suojaerotusta.

Kulkuneuvossa olevan akun kosketussuojauksesta ja kosketusjännitesuojauksesta standardi kertoo, että akut, joiden nimellisjännite on enintään 60 V DC, eivät vaadi kosketussuojausta. Kuitenkin oikosulun tai mekaanisen vaurion välttämiseksi kaikki sähköajoneuvoakut tulisi suojata niin, ettei jännitteisiin osiin voi koskettaa edellä mainitun lauseen vapautuksesta huolimatta.

60–120 voltin tasajänniteakut tulisi suojata kosketussuojauksen saavuttamiseksi eristämällä jännitteiset osat, suojuksia tai kotelointia käyttämällä sekä esteiden avulla tai sijoittamalla jännitteiset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Standardissa on myös muista määräyksiä kyseisen jännitteisille akuille.

Yli 120 voltin nimellisjännitteiset akut on varustettava niin kosketussuojauksella kuin kosketusjännitesuojauksella. Yli 120 voltin akkuja sisältävät tilat ja lokerot on lukittava, jotta vain koulutetut ja luvan saaneet henkilöt pääsevät tällaisiin tiloihin sisään. Tilat on merkittävä myös varoitusmerkein.

Yli 120 voltin akuille saadaan kosketusjännitesuojaus aikaan käyttämällä suojaeristystä, paikallista maasta erotettua potentiaalintasausta sekä syötön automaattista poiskytkentää.

Ajovoima-akkuja varattaessa kosketus- ja kosketusjännitesuojaukselle on standardissa omat säädökset. [10, s. 12.]

SFS-EN 50272-3 käsittelee myös oikosulkusuojausta ja suojausta muilta sähkönsäähäilytysvaaroilta vaatimuksilta. Kaapelien ja kennojen liittimien on oltava eristettyjä. Akkuvaraajan, akkusulakkeen ja akun väliset kaapelit kuten myös akun ja kulkuneuvon väliset kaapelit on suojattava niin oiko- kuin maasulultakin. Akkujohdot on kiinnitettävä siten, ettei akun napojen kaapeliliittimiin kohdistu väntö- ja kiertymisrasitusta. Eristyksen on myös kestettävä ympäristön aiheuttamia vaikutuksia.

Työskenneltäessä jännitteisen laitteiston parissa onnettomuusriskin pienentämiseksi on käytettävä muun muassa akun napojen ja liittimien suojausta ja metalliesineiden poistamista iholta.

Uuden akun eristysresistanssin arvo on oltava vähintään 1 M $\Omega$ . Mikäli akusto on sijoitettu moneen eri paikkaan, mitataan eristysresistanssi siten, että kaikki akut ovat kytketty sähköisesti yhteen. Koska akkukotelon tuuletusta käsittelevä standardin osa-aihe ei ole enää voimassa, jätetään kyseinen osio käsittelemättä. [10, s. 14.]

SFS-EN 50272-3 käsittelee myös elektrolyytin aiheuttamia vaaroja ja siltä suojautumista. Elektrolyytin roiskumisen aiheuttamien henkilövahinkojen välttämiseksi on käytettävä suojavaatetusta, joiksi standardi listaa suojalasit, silmiä ja naamaa suojaavan maskin sekä suojakäsineet ja esiliinat.

Elektrolyytin joutuessa silmiin on silmät välittömästi huuhdeltava juoksevilla vedellä vähintään 15 minuutin ajan. Tämän jälkeen on mentävä välittömästi lääkäriin.

Elektrolyytin joutuessa iholle on se pestävä runsaalla vedellä tai neutralisoivalla tai happamalla liuoksella riippuen siitä, onko roiskunut elektrolyytti hapan vai emäksinen. [10, s. 22.]

Akkujen varaamiseen varatut paikat on merkittävä pysyvin lattiamerkinnöin. Varausalueelta on poistettava tarpeettomat materiaalit ja esineet. Akkua varattaessa ja purettaessa poistumisteiden on oltava vähintään 0,8 metrin levyisiä. Varausalue ei saa olla alttiina mm. putoaville esineille ja tippuvalle vedelle. [10, s. 22 - 24.]

SFS-EN 50272-3:n mukaan akkujen purkamisen ja hävittämisen saa tehdä ainoastaan henkilö, joka on siihen valtuutettu. Akkuja purettaessa tai hävitettäessä pitää noudattaa EU-direktiivejä 91/157/EEC ja 93/86/EEC. Akut on tarkastettava säännöllisesti ja siinä on noudatettava akun valmistajan antamia ohjeistuksia. [10, s. 30.]

## **5 Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjauksessa sovellettava Tukes-ohje S7-2012**

Tukes S7-2012 korvaa aikaisemman S7-1998-ohjeen. Tukes S7-2012 käsittelee sähkö- töitä koskevaa toimintailmoitusta, turvallisuusvaatimuksia ja sähkövirran vaikutusta ihmiseen.

Sähkötöiden tekemisestä tehdään ilmoitus Tukesille ennen sähkötöiden aloittamista. Ilmoituksen voi tehdä joko lomakkeella SL1 tai vapaamuotoisella ilmoituksella, jossa on tarpeelliset tiedot. Ilmoituksessa tulee olla seuraavat tiedot:

- toimintaa harjoittavan nimi, mahdollinen toimintayksikkö ja yhteystiedot ja osoitteet
- toiminta-alue
- sähkötöiden tekemisen aloitusajankohta
- sähkötöiden johtajan tiedot
- sähkötöiden johtajan suostumus tehtäväänsä
- sähkötöiden johtajan palvelusuhteen selvitys, jos sähkötöiden johtaja ei itse ole toimintaa harjoittava henkilö
- sähkötöiden johtajan pätevyystodistuksen jäljennös
- työtilojen, työvälineitten ja sähköturvallisuuteen liittyvien säännösten ja julkaisujen selvitykset
- kaupparekisteriote tai muu vastaava
- jäljennös yhtiösopimuksesta ja perustamisilmoituksen jättämistodistus (viranomaisen antama; jos yritys on vasta perustettava). [11, luku 2.]

Sähkötöiden johtajan toimintaedellytyksistä Tukes-ohje määrää, että hänellä on oltava toimialueen kattava pätevyystodistus. Lisäksi hänen asemansa yrityksessä on oltava

sellainen, että hänellä on mahdollisuudet huolehtia tehtävistään ja vaikutusvalta vastuullaan oleviin asioihin. Sähkötöiden johtaja on siis usein yrityksessä työ- tai virkasuhteessa. Sähkötöiden johtaja voi samanaikaisesti olla kolmen toiminnanharjoittajan (esimerkiksi yrityksen) sähkö- tai hissitöiden johtaja. [11, luku 3.]

Tukes-ohje S7-2012 käsittelee myös työtiloja, -välineitä ja sähköturvallisuusjulkaisuja. Tukesin mukaan sähköturvallisuuslain vaatimukset tulee täytetyksi, kun toiminnanharjoittajalla on toiminnan laajuuden edellyttämät riittävät toimitilat ja yhteydenpitoa varten kiinteä toimipaikka (sähkölaitekorjaamoille ja laboratorioille on lisävaatimuksia standardissa SFS 6000-8-803). Lisäksi toiminnanharjoittajalla on tarpeelliset työvälineet ja riittävästi mittalaitteita. [11, luku 4.]

Ilmoituksen kertaluonteisesta sähkötyöstä voi tehdä yhtä työkohtetta koskevana. Ilmoituksessa tulee olla tieto työkohteesta, ilmoittajan yhteystiedot ja ilmoittajan pätevyystodistuksen jäljennös. Ilmoitusta Tukesille ei tarvitse tehdä, jos työ on vähäinen kertaluonteinen työ (KTM (516/1996, 351/2010) 29 § kohdat 3 - 4), jollaiseksi tarkoitetaan esimerkiksi yksittäisen ryhmäjohtajan asentamista keskukseen. [11, luku 5.]

Saatuaan vaatimustenmukaisen ilmoituksen sähkötöiden tekemisestä, lähettää Tukes toiminnanharjoittajalle vahvistuksen. Vahvistuksessa selviää toiminnanharjoittajan oikeudet koskien sähkötöiden tekemistä. Tukes valvoo toimintaedellytyksiä ja voi tarvittaessa vaatia sähkötöiden johtajan ja toiminnanharjoittajan toimintaedellytyksistä selvityksen. Mikäli toimintaedellytyksiä ei ole, voi Tukes esimerkiksi määrätä toiminnanharjoittajan sähkötöiden johtajan suorittamaan uudelleen sähköturvallisuustutkinnon. [11, luku 6.]

## **6 UNECE R100:n vaatimukset ajoneuvojen sähköisten voimajärjestelmien erityisvaatimusten osalta**

Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) sääntöä numero 100 (viitataan usein vain nimellä ”E100-sääntö”) käytetään kysymyslähteenä Autoalan sähköturvallisuustutkintokokeessa. E100-sääntö käsittelee M- ja N-luokan maantieajoneuvojen, joiden nopeus on yli 25 km/h, sähköisiä voimajärjestelmiä. Ajoneuvot ovat varustettuna yhdellä tai useammalla sähkökäyttöisellä ajomootorilla. Ajoneuvoja ei ole kytketty pysyvästi sähköverkkoon. E100-sääntöä sovelletaan myös ajoneuvojen suurjännitekomponentteihin, jotka on galvaanisesti kytketty sähköisen voimajärjestelmän suurjänniteväylään. Törmäystilanteen jälkeistä turvallisuutta koskevia vaatimuksia E100-sääntö ei koske. [12, § 1.]

E100-säännössä on suuri määrä määritelmiä, jotka autoalan sähköturvallisuustutkinnon suorittajan on kokeen läpi päästäkseen syytä osata. Nämä määritelmät ovat tässä olennaisilta osiltaan listattuna seuraavat:

- Aktiivisen ajon mahdollistava tila: Ajoneuvon tila, jossa kaasupolkimen painaminen ja jarrujärjestelmän vapauttaminen saa sähköisen voimajärjestelmän liikuttamaan ajoneuvoa.
- Suojus: Osa, joka estää suoran kosketuksen jännitteellisiin osiin.
- Ladattavan energianvarastojärjestelmän (RESS) lataamisessa käytettävä kytkentäjärjestelmä: Sähkövirtapiiri, jota käytetään silloin, kun RESS-järjestelmää ladataan ulkoisesta virtalähteestä. Ajoneuvon sisääntulo sisältyy kytkentäjärjestelmään.
- Suora kosketus: Henkilöiden kosketus jännitteellisiin osiin.
- Sähköinen alusta: Sähköliitännöillä yhteen kytketty johtavien osien kokonaisuus (esimerkiksi ajoneuvon kori).
- Virtapiiri: Toisiinsa kytketyt jännitteelliset osat, joissa on tarkoitus olla sähkövirta käytön aikana.

- Elektroninen muuttaja: Laite, joka säätää ja/tai muuttaa sähköenergiaa sähköistä käyttövoimajärjestelmää varten.
- Kotelointi: Osa, joka on yksiköiden ympärillä ja estää täten suoran kosketuksen yksikköihin.
- Suurjännitteinen: Sähköinen komponentti tai piiri, jonka toimintajännite on välillä 60–1500 voltia DC tai 30–1000 voltia AC (rms).
- Suurjänniteväylä: Suurjännitteellä toimiva sähkövirtapiiri sisältäen RESS-järjestelmän latauksessa käytettävä kytkentäjärjestelmä.
- Jännitteellinen osa: Johtava osa missä on tarkoitus olla sähkövirta.
- Sisäinen erotusresistanssin seurantajärjestelmä: Laite, jolla seurataan suurjänniteväylien ja sähköisen alustan välistä erotusresistanssia.
- Huoltokatkaisin: Laite, jolla virtapiiri voidaan katkaista, kun RESS-järjestelmää, polttokennoja jne. tarkastetaan ja huolletaan.
- Käyttöjännite: Virtapiirin jännitteen korkein neliöllinen keskiarvo (rms), joka voi ilmetä johtavien osien välillä normaaleissa käyttöolosuhteissa. [12, § 2.]

Hybridi- ja sähköajoneuvon valmistajan on haettava ajoneuvotyyppin hyväksyntää sähköistä voimajärjestelmää koskevien erityisvaatimusten osalta. Tyyppihyväksyntähakemukseen on liitettävä mm. yksityiskohtainen kuvaus ajoneuvotyyppistä koskien sähköistä voimajärjestelmää ja galvaanisesti kytkettyä suurjänniteväylää. Ajoneuvo on toimitettava tekniselle tutkimuslaitokselle, joka vastaa tyyppihyväksyntätesteistä. [12, § 3.1 - 3.3.]

Kun ajoneuvo on hyväksytty, tulee ajoneuvoihin kiinnittää näkyvästi ja hyväksyntälomakkeessa määritellyn paikkaan hyväksyntämerkki, jossa on E-kirjain ja hyväksynnän myöntäneen maan tunnusnumero ympyrän sisällä. Esimerkkinä Suomen tunnusnumero on 17. Hyväksyntämerkki tulee olla ajoneuvossa lähellä ajoneuvon tyyppikilpeä tai itse kilvessä. [12, § 4.4, 4.4.1, 4.7.]



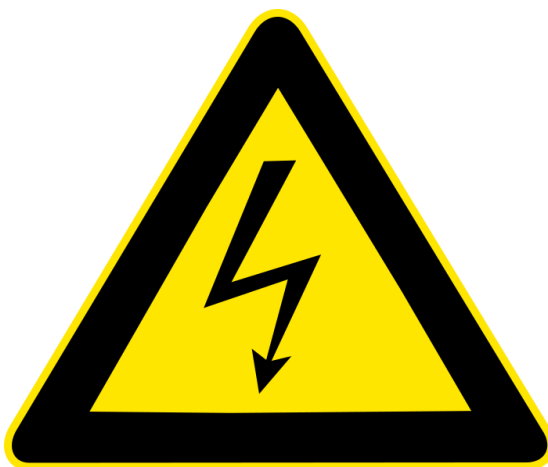
$a = 8 \text{ mm min.}$

Kuva 1. UNECE R100 -säännön tarkoittama hyväksyntämerkki. "E4" kertoo sen, että ajoneuvon hyväksytty Alankomaiden liikenteeseen. [12, liite 2.]

E100-sääntö sisältää vaatimuksia sähköiskusuojaukselle. Sähköiskusuojausvaatimukset koskevat suurjänniteväyliä silloin, kun ne eivät ole kytkettynä ulkoiseen suurjännite-teholähteeseen. [12, § 5.1.]

Suojien on oltava sellaisia, ettei niitä voi avata, purkaa tai poistaa ilman työkaluja. Matkustamossa ja tavaratilassa olevat jännitteelliset osat on suojattava suojausluokan IPXXD ja muualla olevat osat suojausluokan IPXXB mukaisesti. [12, § 5.1.1, 5.1.1.1, 5.1.1.2.]

RESS-järjestelmässä tai sen läheisyydessä on oltava varoitusmerkki. Symbolin on oltava kuvan 2 mukainen. Suurjänniteväylien kaapelit, jotka ovat koteloiden ulkopuolella, on varustettava oranssilla ulkokuorella. [12, § 5.1.1.5.3, 5.1.1.5.1.]



Kuva 2. UNECE R100:n tarkoittama suurjännitelaitteen merkintä [13].

Epäsuoralta kosketukselta suojautumiseksi jännitteelle alttiit kosketeltavat osat on liitettävä galvaanisesti sähköiseen alustaan sähköjohtimella tai maajohtimella. Liitos on tehtävä hitsaamalla, ruuviliitoksella tai vastaavalla tavalla. Kosketeltavien osien (jännitteelle alttiit) ja sähköisen alustan välinen resistanssi on oltava pienempi kuin 0,1 ohmia kun virran voimakkuus on vähintään 0,2 ampeeria. Vaatimus tarkoittaa käytännössä sitä, että galvaaninen liitanta on tehtävä hitsaamalla. [12, § 5.1.2.1 - 5.1.2.2.]

Maadoitettuun ulkoiseen teholähteeseen (liitäntäjohton kautta) kytkettävässä ajoneuvossa on oltava laite, joka saa aikaiseksi sähköisen alustan galvaanisen kytkennän maihin. Maadoitusten on tapahduttava ennen ulkoisen jännitteen kytkemistä ajoneuvoon ja maadoituksen on säilyttävä, kunnes ulkoinen jännite kytketään irti ajoneuvosta. [12, § 5.1.2.3.]

UNECE R100 sisältää erotusresistanssin raja-arvojen määritelmät. Mikäli suurjännitteiset tasa- ja vaihtovirtaväylät on galvaanisesti erotettu toisistaan, on suurjänniteväylän ja sähköisen alustan erotusresistanssin oltava vähintään 100  $\Omega$  tasavirtaväyliä käyttäjännitettä kohden. Vaihtovirtajänniteväyliä tapauksessa erotusresistanssin on oltava vähintään 500  $\Omega$  käyttäjännitettä kohden. Erotusresistanssin arvolle on kuitenkin lievennyksiä, jos suurjännitteiset vaihtovirtaväylät on suojattuja:

- kahdella tai useammalla kerroksella kiinteää eristettä, koteloita tai suojuksia tai
- mekaanisesti vahvoilla suojauksilla.

Tällöin erotusresistanssin arvon tulee olla vain 100  $\Omega$  käyttäjännitteen voltia kohden. [12, § 5.1.3.]



## 7 Yhteenveto

Hybridi- ja sähköajoneuvokannan yleistyessä on maamme lainsäädäntö laahannut kehitystä jäljessä. Vasta hiljattain hybridi- ja sähköajoneuvojen korkeajännitteisten osien korjaamiseen on laadittu oma sähköturvallisuustutkinto, hybridi- ja sähköajoneuvojen rajoitettu sähköpätevyys 3 (S3). Sähköturvallisuustutkintokokeen järjestämisestä vastaa AKL-Sertifiointi Oy.

Koulutuksessa joudutaan soveltamaan edelleen vanhoja kiinteistösähkömääräyksiä hybridi- ja sähköajoneuvoihin, sillä ajanmukaista lainsäädäntöä ei kaikilta osin ole vielä olemassa. Tässä opinnäytetyössä on kerrottuna kaikki oleelliset tällä hetkellä voimassa olevat määräykset ja säädökset, joita sovelletaan hybridi- ja sähköajoneuvoihin. Nämä määräykset ja säädökset on osattava, mikäli haluaa hakea edellä mainittua sähköpätevyyttä.

Sähköturvallisuuslain (410/1996), sähköturvallisuusasetuksen (498/1996) ja KTM:n päätöksen sähköalan töistä (516/1996) muutoksineen (mm. 351/2010) olennainen sanoma on se, että hybridi- ja sähköajoneuvon korkeajännitteisten osien parissa työskentely on luvanvaraista toimintaa, joihin vaaditaan sähkötöiden johtaja, jolla on riittävä sähköpätevyys ja työkokemus. Sähkö- ja hybridiajoneuvot eivät saa aiheuttaa käyttäjälleen vaaraa.

Tukes-ohjeen S7-2012 oleellisin seikka on se, että sähköajoneuvokorjaamolla on oltava toiminnastaan lupa ja sähkötöiden johtajan on oltava tosiasiallisesti kykenevä hoitamaan tehtäviään. Sähköajoneuvokorjaamon työtilojen on oltava myös toiminnan kannalta tarpeelliset työvälineet ja mittalaitteet.

SFS-standardeista olennaista on se, että työkohteessa, jossa korjataan sähköajoneuvoja, on oltava työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja. Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja valvoo sähkötyöturvallisuutta, ja että sähkötöitä tekevät henkilöt ovat tehtävään opastettuja ja ammattitaitoisia. Jännitetöissä on käytettävä asianmukaisia suojavausteita ja sähköajoneuvokorjaamon henkilökunnan on oltava ensiapukoulutettua.

UNECE R100 -sääntö määrittelee testausmenetelmiä, joilla sähkö- ja hybridiajoneuvojen turvallisuus käyttäjälleen testataan. Turvallisuutta tarkkaillaan erilaisilla tyyppihyväksyntätesteillä, joissa esimerkiksi pääsyä jännitteisiin osiin testataan erityisellä testisormella IPXXB tai -puikolla IPXXD.

Viranomaistekstien lukeminen soveltuu usein huonosti asioiden opiskeluun. Tässä opin-  
näytetyössä on yritetty selkeyttää ja kertoa tiivistetysti olennaiset asiat. Tätä opinnäyte-  
työtä voi käyttää halutessaan opiskeluun hybridi- ja sähköajoneuvojen rajoitettu sähkö-  
pätevyys 3:n tutkintokoetta varten.

## Lähteet

1. Sähkötekniset standardit. SESKO ry. <[www.sesko.fi/portal/fi/](http://www.sesko.fi/portal/fi/)>. Luettu 6.5.2015.
2. Sähköpätevyudet. SETI Oy. <<http://www.seti.fi/index.php?k=18796>>. Luettu 5.5.2015.
3. Linja-aho, Vesa. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus.1.painos 2012. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus Oy.
4. Sähköturvallisuuslaki 410/1996.
5. Kodin sähköturvallisuusopas. 2003. Verkkodokumentti. Tukes, Turvatekniikan keskus. <[http://www.tukes.fi/tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/esitteet\\_ja\\_oppaat/kodin\\_sahkoturvopas.pdf](http://www.tukes.fi/tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/kodin_sahkoturvopas.pdf)>. Luettu 24.4.2015.
6. Sähköturvallisuusasetus 498/1996.
7. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996.
8. Työ- ja elinkeinoministeriön asetus sähköalan töistä annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen muuttamisesta 351/2010.
9. SFS 6000-7-706. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Ahtaat johtavat tilat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
10. SFS-EN 50272-3. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. 2003. Ajo-voima-akut. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
11. Tukes S7-2012.
12. Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) sääntö nro 100 – Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen voimajärjestelmään sovellettavien erityisvaatimusten osalta.
13. Korkeajännitevaroituserkki. <[en.wikipedia.org/wiki/High\\_voltage#/media/File:High\\_voltage\\_warning.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/High_voltage#/media/File:High_voltage_warning.svg)>. Luettu 24.4.2015.

## Tarvittava osaaminen hybridi- ja sähköautotekniikassa

Sähkötöiden johtaja (1)	Työnaikainen sähköturvallisuuden valvoja (2)	Opastettu henkilö (3)	Muu henkilö
Ammattihenkilö (4)	Ammattihenkilö	Tiettyyn työhön opastettu henkilö (esimerkiksi korimekaanikko)	Henkilöt, jotka voivat joutua tekemisiin tuotteen kanssa (esim. automyyjät, varaosamyyjät, auton käyttäjät, silvoajat.)
	Aina paikalla		
SFS 6002 sovellettuna autoalalle + koe (5)	SFS 6002 sovellettuna autoalalle + koe (5)	SFS 6002 sovellettuna autoalalle + koe (5)	Perehdytys: Sähkön vaarat ja toiminta onnettomuustilanteessa (SFS 6002)
Ensiapukoulutus	Ensiapukoulutus	Ensiapukoulutus	
Mallikohtainen tuotetuntemus	Mallikohtainen tuotetuntemus	Mallikohtainen tuotetuntemus	
Valtakunnallinen rajoitettu S3-koe ja rajoitettu S3 sähköpätevyys (6)	Suositus: Valtakunnallinen rajoitettu S3-koe		

1. Toiminnan harjoittajan (Y-tunnus) on tehtävä ilmoitus Tukesille, ennen kuin sähkötöitä koskeva toiminta aloitetaan. Ilmoituksesta on mm. käytävä ilmi sähkötöiden johtajaa koskevat tiedot: [www.tukes.fi/fi/Palvelut/Lomakkeet/sahko-ja-hissit-lomake/](http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Lomakkeet/sahko-ja-hissit-lomake/)
2. Jokaisessa työkohteessa työnaikaista sähköturvallisuutta valvova henkilö (osallistuu työhön tai tekee sen kokonaisuudessaan itse).
3. Ammattihenkilön opastama henkilö, jolla ei ole riittävää sähköalan koulutusta tai työkokemusta.
4. Ammattihenkilö on itsenäinen oman alansa sähkötöiden tekemiseen ja niiden valvomiseen kykenevä henkilö.
5. Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002:n mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus on uusittava viiden vuoden välein.
6. Seti Oy myöntää pätevyystodistuksen henkilölle, joka täyttää asetetut vaatimukset (tietoja päivitettävä jatkuvasti).